



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 13 755 A 1**

⑤ Int. Cl.⁸:
G 02 B 6/32
G 02 B 6/42
G 02 B 6/43
H 01 S 3/25
G 02 B 6/122
G 02 B 3/00

⑳ Aktenzeichen: 196 13 755.1
㉑ Anmeldetag: 6. 4. 96
㉒ Offenlegungstag: 9. 10. 97

DE 196 13 755 A 1

- ㉓ Anmelder:
Alcatel SEL AG, 70435 Stuttgart, DE
- ㉔ Vertreter:
Pohl, H., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 70435 Stuttgart
- ㉕ Erfinder:
Kersten, Peter, Dr.-Ing., 71229 Leonberg, DE;
Klekamp, Axel, Dr.rer.nat., 70569 Stuttgart, DE;
Dütting, Kaspar, Dipl.-Phys., 70180 Stuttgart, DE;
Rehm, Werner, Dr.rer.nat., 70329 Stuttgart, DE
- ㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:
- | | |
|----|--------------|
| DE | 22 18 782 C2 |
| DE | 44 12 254 A1 |
| DE | 33 17 093 A1 |
| GB | 22 20 501 A |
| US | 54 65 265 |
| US | 40 25 157 |

SHIRAISHI, Kazuo, et.al.: A Fiber Lens with a Long Working Distance for Integrated Coupling Between Laser Diodes and Single-Mode Fibers. In: Journal Of Lightwave Technology, Vol.13, No.8, Aug. 1995, S.1738-1744;

SHIMADA, Jun-ichi, et.al.: Gradient-index microlens formed by ion-beam sputtering. In: Applied Optics, Vol.31, No.25, 1. Sep. 1992, S.5230-5236;

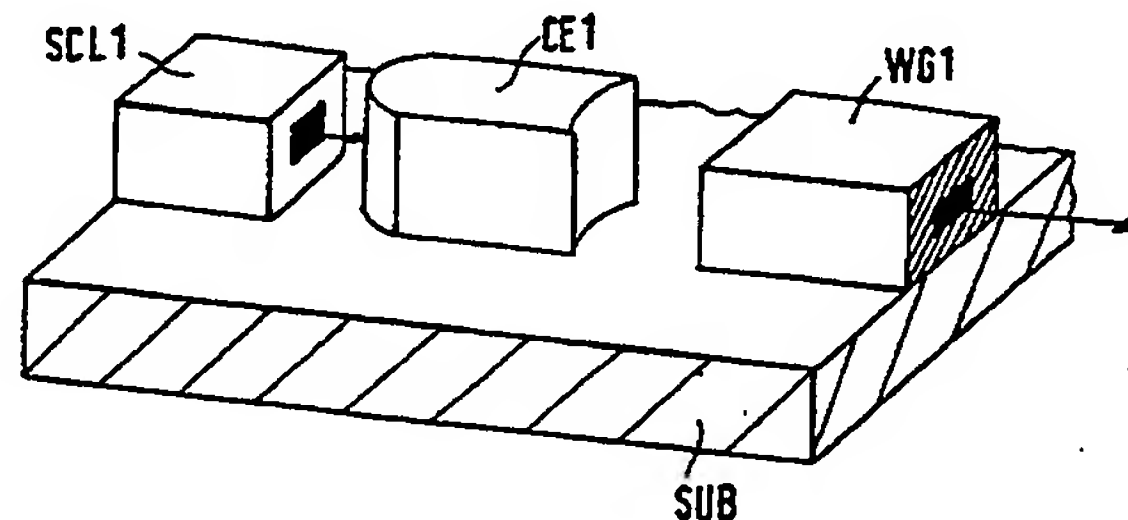
NAKAJIMA, Hirochika: Advanced Optical Packaging Technology for Practical Integrated Photonic Modules. In: Electronics and Communications in Japan, Part 2, Vol.78, No.1, 1995, S.28-40;

SAVANDER, P., HAUMANN, H.-J.: Microlens array used for collimation of linear laser-diode array. In: Meas. Sci. Technol. 4, 1993, S.541-543;

BENZ, Gerhard: Optoelektronische Mikrosysteme. In: Elektronik 21/1993, S.134,137,138,140,141,142;

㉗ **Optisches Koppellement**

㉘ Die Erfindung betrifft ein optisches Koppellement, mit dem lichtleitende Strukturen wie Lichtwellenleiter oder Laserdioden mit hohem Koppelwirkungsgrad miteinander gekoppelt werden können. Das Koppellement (CE1) besteht aus einer Schicht mit einem Brechungsindexgradienten in vertikaler Richtung. Dieser Brechungsindexgradient ist so gewählt, daß ein durch das Koppellement hindurchtretender Lichtstrahl in dieser Richtung fokussiert wird. Die seitlichen Begrenzungsflächen des Koppellements werden durch Tiefätzen in der Weise geformt, daß ein durch das Koppellement hindurchtretender Lichtstrahl auch in lateraler Richtung durch Brechung an gekrümmten Flächen fokussiert wird. Aufgrund des lithographisch definierten Ätzens entfällt eine Justierung des Koppellements. Die Erfindung läßt sich besonders vorteilhaft zur Ankopplung von Laserarrays an Lichtwellenleiter verwenden.



DE 196 13 755 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Kopplung lichtleitender Strukturen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung ist insbesondere dann vorteilhaft einsetzbar, wenn das von einem Halbleiterlaser emittierte Licht mit hohem Koppelwirkungsgrad und ohne aktive Justierungs-Schritte in einen Glasfaser-Lichtwellenleiter oder einen optischen Wellenleiter eingekoppelt werden soll.

Eines der Grundprobleme der Mikrooptik ist es, das aus einer lichtleitenden Struktur austretende Licht in eine andere lichtleitende Struktur einzukoppeln. Unter lichtleitenden Strukturen werden hier alle Anordnungen verstanden, bei denen ein Bereich mit einem ersten Brechungsindex so von einem Bereich mit einem zweiten, niedrigeren Brechungsindex umgeben ist, daß eine Lichtführung im ersten Bereich erzielt wird. Licht leitende Strukturen in diesem Sinne sind beispielsweise Glasfaser-Lichtwellenleiter (im folgenden vereinfacht als Glasfasern bezeichnet), alle bekannten Arten von optischen Wellenleitern, aber auch lichtverstärkende oder lichterzeugende optoelektronische Bauelemente wie Faserverstärker oder Halbleiter-Laserdioden. Der Begriff "Licht" umfaßt hier, wie in der Optoelektronik üblich, auch die nicht sichtbare elektromagnetische Strahlung im Infrarotbereich.

Zur Lösung des angesprochenen Grundproblems existieren verschiedene Ansätze. Ein Ansatz besteht darin, zwischen die anzukoppelnden lichtleitenden Strukturen Kugellinsen zu positionieren. Beispiele für die Berechnung solcher Kugellinsen finden sich in einem Aufsatz von H. Karstensen et al., "Linsenoptik für Lasermodule mit Monomode-Anschlußfaser", Siemens Forschungs- und Entwicklungsberichte, Band 16 (1987), Seiten 141—146. Die Kugellinsen werden meist passiv justiert. Bei diesen passiven Justierungen ist die Lagegenauigkeit durch sehr präzise herstellbare, i.A. lithographisch definierte Strukturen gewährleistet. Für Kugellinsen wählt man als Justierstruktur meist pyramidenförmige Vertiefungen, die in ein Substrat geätzt sind. In diese Vertiefungen werden die Kugellinsen eingeklebt.

Kugellinsen ermöglichen eine optische Abbildung sowohl in vertikaler als auch in lateraler Richtung. Allerdings ist die Brennweite in beiden Richtungen identisch. Höchste Koppelwirkungsgrade können daher nur dann erreicht werden, wenn die wellenführenden Bereiche, die gekoppelt werden sollen, identische oder zumindest sehr ähnliche Querschnittsflächen und Abmessungen haben. Man spricht in diesem Zusammenhang auch davon, daß die Modenfelder der wellenführenden Bereiche übereinstimmen müssen. Unter einem Modenfeld wird die räumliche Intensitätsverteilung des Lichts verstanden, welche sich in einer lichtleitenden Struktur ausbilden kann. Die Modenfeldabmessungen hängen u. a. ab von der Lichtwellenlänge und der Geometrie der lichtleitenden Struktur.

Der entscheidende Nachteil der Kugellinsen als Abbildungselemente liegt jedoch in deren Größe. Typische Kugel-Durchmesser sind 1 bis 2 mm. Die Vertiefungen im Substrat müssen daher sehr tief sein, wodurch der Ätzprozeß erschwert wird. Wegen der Größe der Kugeln ist es außerdem nicht möglich, die von einem Laserarray emittierten Lichtstrahlen in eine entsprechende Anzahl paralleler Lichtwellenleiter zu koppeln. Dies liegt daran, daß bei den verfügbaren Laserarrays die Licht-Austrittsöffnungen so dicht beieinander liegen, daß für eine entsprechende Anzahl von Kugellinsen

kein Platz besteht. Eine Verkleinerung der Kugellinsen ist nicht ohne weiteres möglich, da deren Handhabbarkeit, z. B. beim Einkleben in die Vertiefungen, sonst sehr schwierig wird. Wenn Kugellinsen passiv in pyramidalen Vertiefungen justiert werden sollen, so ergibt sich außerdem die Schwierigkeit, daß beim Ätzen der Vertiefungen die Ätzzeit sehr genau bestimmt werden muß. Schon kleinste Fehler bei dieser Bestimmung führen nämlich dazu, daß die Höhe der Kugellinse gegenüber den lichtleitenden Strukturen vom Sollwert abweicht und der Koppelwirkungsgrad sich damit erheblich verschlechtert.

Ein anderer Ansatz zur Lösung des Kopplungsproblems ist aus der US-PS 4025157 bekannt. Die dort beschriebene Koppellinse weist die im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmale auf. Dort ist außerdem die Möglichkeit vorgesehen, auch in lateraler Richtung einen Brechungsindexgradienten zu erzeugen. Diese rechteckig geformte Halbleiterlinse ermöglicht somit eine voneinander unabhängige Fokussierung sowohl in vertikaler als auch in lateraler Richtung.

Der dort vorgeschlagene vertikale Brechungsindexgradient läßt sich vergleichsweise einfach herstellen. Äußerst schwierig ist hingegen die Herstellung eines lateralen Brechungsindexgradienten, vor allem, wenn gleichzeitig dazu auch ein vertikaler Brechungsindexgradient erzeugt werden soll.

Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Aufgabe besteht darin, ein optisches Koppellement zu schaffen, welches es erlaubt, beliebige lichtleitende Strukturen miteinander zu koppeln. Das zu schaffende Koppellement soll insbesondere in der Lage sein, Modenfelder unterschiedlicher lichtleitender Strukturen aneinander anzupassen, d. h. eine unabhängige Fokussierung sowohl in vertikaler als auch in lateraler Richtung durchzuführen.

Darüberhinaus soll das Koppellement einfach herstellbar sein und vielfältig eingesetzt werden können, insbesondere bei der Kopplung von Laserarrays an Lichtwellenleiter. Außerdem soll die damit erzielbare Kopplung keine aktiven Justierungsschritte erfordern. Die Erfindung löst diese Aufgabe mit Hilfe der in Anspruch 1 aufgeführten Merkmale. Wesentlich für die Erfindung ist, daß die Abbildungswirkung des Koppellements sowohl durch einen Brechungsindexgradienten im Koppellement als auch durch gekrümmte brechende Flächen zustandekommt. Die vorgeschlagene Lösung unterscheidet sich somit deutlich vom Stand der Technik. Dort entsteht eine Fokussionswirkung entweder, wie im Falle der Halbleiterlinsen, nur aufgrund eines Brechungsindexgradienten oder aber, wie im Falle der Kugellinsen, ausschließlich aufgrund der Brechung an gekrümmten Grenzflächen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen und der Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische, nicht maßstäbliche Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2a eine Darstellung, wie ein divergierender Lichtstrahl in vertikaler Richtung durch das in Fig. 1 dargestellte Koppellement CE1 fokussiert und kollimiert wird;

Fig. 2b eine Darstellung, wie ein divergierender Lichtstrahl in lateraler Richtung durch das in Fig. 1 dargestellte Koppellement CE1 fokussiert und kollimiert wird;

Fig. 2c eine Darstellung, wie sich bei dem in Fig. 1

dargestellten Koppelement CE1 der Brechungsindex in vertikaler Richtung (y-Richtung) verändert;

Fig. 3 eine schematische, nicht maßstäbliche Darstellung einer Ausführungsform der Erfindung, bei der ein Halbleiterlaser an eine Glasfaser angekoppelt ist;

Fig. 4 eine vereinfachte, nicht maßstäbliche Darstellung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung, bei dem ein erfindungsgemäßes Koppelement ein Halbleiterlaser-Array an eine Anordnung paralleler optischer Wellenleiter koppelt;

Fig. 5a eine schematische Darstellung der Fokussierung in lateraler Richtung durch eine Kugellinse;

Fig. 5b eine schematische Darstellung der Fokussierung in lateraler Richtung durch ein erfindungsgemäßes Koppelement;

Fig. 6a—6c zur Substratebene parallele Schnitte durch verschiedene Ausführungsformen der Erfindung.

In den Figuren einander entsprechende Bauteile sind durch gleiche Bezugszeichen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird zunächst anhand des in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiels eingehend erläutert. Dabei wird auch die Herstellung des erfindungsgemäßen Koppelements beschrieben. Die weiteren Abschnitte gehen auf vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung ein.

In Fig. 1 ist ein Substrat SUB dargestellt, welches als optische Bank für darauf zu befestigende Bauelemente dient. Das Substrat besteht in diesem Beispiel aus einem Silizium-Einkristall. Bei dem Substrat kann es sich aber auch um jede andere Struktur handeln, die geeignet ist, als Träger für weitere Bauelemente zu dienen. Auf der linken Seite des Substrats SUB befindet sich ein Halbleiterlaser SCL1. Diese Darstellung ist schematisch und nicht maßstäblich; elektrische Anschlüsseleitungen u. ä. sind nicht abgebildet.

Auf der rechten Seite des Substrats befindet sich eine lichtleitende Struktur WG1, welche in diesem Ausführungsbeispiel als vergrabener Streifenwellenleiter ausgeführt ist. Das dazwischen liegende erfindungsgemäße Koppelement CE1 koppelt das vom Halbleiterlaser SCL1 emittierte Licht in den optischen Wellenleiter WG1 ein. Der Halbleiterlaser SCL1 kann beispielsweise in Flip-Chip-Technik auf dem Substrat SUB befestigt werden, wodurch eine hohe Lagegenauigkeit gewährleistet wird. Der optische Wellenleiter WG1 ist eine nach üblichen Verfahren auf dem Substrat SUB abgeschiedene Schichtstruktur.

Anhand der Fig. 2a bis 2c wird nun die Funktionsweise des Koppelements CE1 erläutert. Fig. 2a zeigt das in Fig. 1 räumlich dargestellte Koppelement CE1 in einem seitlichen Schnitt. Das von einer hier als punktförmig angenommenen Quelle S emittierte Lichtbündel weitet sich im Zwischenraum auf, trifft auf die Frontseite des Koppelements CE1 und wird dort gebrochen. Die beiden exemplarischen Strahlen B1 und B2 zeigen, wie das Strahlenbündel in der abgebildeten Schnittebene des Koppelements geformt wird. Wie in Fig. 2c dargestellt, ist der Brechungsindex am oberen und unteren Rand des Koppelements kleiner als in der Mitte. Dadurch wird das Licht in der in Fig. 2a dargestellten Weise in vertikaler Richtung fokussiert. Durch geeignete Wahl des Brechungsindexgradienten läßt sich demnach der Öffnungswinkel des Lichtbündels in vertikaler Richtung in weiten Grenzen verändern.

Fig. 2b zeigt das in Fig. 1 dargestellte Koppelement CE1 in einem zur Substratebene parallelen Schnitt. Die von der gleichen punktförmigen Quelle S ausgehenden Strahlen B3, B4 treffen auf die gekrümmte Frontseite

des Koppelements. Innerhalb der in Fig. 2b dargestellten Ebene ist der Brechungsindex konstant. In dieser Ebene, d. h. in lateraler Richtung, kommt es zur Fokussierung allein aufgrund der gekrümmten vorderen und hinteren Begrenzungsfläche des Koppelements. Die Krümmungen der Grenzflächen hängen davon ab, wie der Lichtstrahl in lateraler Richtung geformt werden soll. Bei Vorgabe der gewünschten Strahlformung lassen sich die Krümmungen mit den Methoden der Strahlenoptik bestimmen.

Es sei darauf hingewiesen, daß jede der zum Substrat parallelen Ebenen einen anderen Brechungsindex hat. Dadurch unterscheidet sich auch die Brechung an den gekrümmten Flächen, je nachdem, welche Ebene man betrachtet. Der in Fig. 2b skizzierte Strahlengang ist also in einer Nachbarebene geringfügig anders, so daß ein Abbildungsfehler entsteht. Dieser Abbildungsfehler ist jedoch klein und kann daher in Kauf genommen werden. Der Grund, warum der Abbildungsfehler klein ist, ergibt sich aus folgender Überlegung: Der Brechungsindex muß sich in vertikaler Richtung nur wenig ändern, damit eine Fokussionswirkung erreicht wird. Es genügt, wenn sich der größte und der kleinste Brechungsindex nur um einige Prozent unterscheiden. Der Brechungsindex-Sprung an den Begrenzungsflächen, d. h. zwischen Koppelement und der umgebenden Luft, beträgt hingegen etwa 50%. Folglich wird die Fokussionswirkung im wesentlichen von diesem Brechungsindex-Sprung bestimmt und nicht von den geringen Differenzen zwischen den einzelnen Ebenen.

Durch die erfindungsgemäße Kombination von Brechungsindexgradienten in vertikaler Richtung und Grenzflächenkrümmung für die laterale Strahlformung ist es somit möglich, mit dem in Fig. 1 dargestellten Koppelement CE1 den vom Halbleiterlaser SCL1 emittierten, stark divergenten Lichtstrahl zu bündeln und mit hohem Wirkungsgrad in den optischen Wellenleiter WG1 einzukoppeln. Eine zusätzliche Verbesserung des Koppelwirkungsgrads läßt sich erzielen, wenn Verluste aufgrund von Fresnel-Reflexionen an den Grenzflächen durch Aufbringen von Anti-Reflexionsschichten auf die Grenzflächen verringert werden.

Einer der besonderen Vorteile der Erfindung gegenüber dem Stand der Technik ist die einfache Herstellungsweise des Koppelements. Das Koppelement kann vollständig auf dem Substrat abgeschieden werden, wodurch aktive Justierungsschritte überflüssig werden. Außerdem lassen sich höchste Koppelwirkungsgrade erzielen, ohne eine komplizierte Einstellung eines lateralen Brechungsindexgradienten wie nach dem Stand der Technik vornehmen zu müssen. Eine Möglichkeit, ein erfindungsgemäßes Koppelement herzustellen, wird im folgenden beschrieben. Auf einem Silizium-Substrat wird mittels Flamm-Hydrolyse eine dicke SiO_2 -Schicht abgeschieden. Durch kontrollierte Zugabe von TiCl_4 oder GeCl_4 in die Flamme kann der Brechungsindex der Schicht kontinuierlich verändert werden. Dieses Verfahren ist somit geeignet, beliebige Brechungsindexgradienten zu erzeugen. Einzelheiten zur Flammhydrolyse finden sich in einem Aufsatz von M. Kawachi et al. mit dem Titel "Fabrication of SiO_2 - TiO_2 Glass Planar Optical Waveguides by Flame Hydrolyses Deposition", Electronic Letters, Vol. 19, No. 15 (1983), Seiten 583—584.

Nach Aufbringen der SiO_2 -Schicht wird durch Tiefätzen die gewünschte Form der äußeren Begrenzungsflächen erzeugt. Ein derartiger Tiefätzprozess wird z. B. beschrieben von J. J. G. Allen et al. in "Silica-based inte-

grated optic components for telecommunications applications", Optical Engineering, Vol. 32, No. 5 (1993), Seiten 1011—1014: Mittels einer Photolack-Schicht wird photolithographisch derjenige Bereich der Schicht markiert, der nicht weggeätzt werden soll. Diese Markierung definiert die seitlichen Begrenzungsflächen des Koppelements. Anschließend wird in geeigneten Ätzschritten der Bereich um die Photolack-Schicht bis zum Substrat hinunter weggeätzt. Sollen neben dem Koppelement noch weitere Strukturen wie z. B. vergrabene Wellenleiter auf dem Substrat abgeschieden werden, so sind zusätzliche, dem Fachmann geläufige Prozeßschritte erforderlich.

Alternativ zu dem oben geschilderten Abscheiden des Koppelements unmittelbar auf dem als mikrooptische Bank dienenden Substrat kann das erfindungsgemäße Koppelement auch zunächst auf einem anderen Träger hergestellt werden. Für die Fertigung größerer Stückzahlen werden zunächst auf diesem Träger eine größere Anzahl von Koppelementen abgeschieden. Anschließend werden die Koppelemente etwa durch Sägen von diesem Träger getrennt. Die einzelnen Koppelemente werden dann hybrid mit Hilfe geeigneter passiver Justierhilfen, evtl. zusammen mit anderen hybrid zu befestigenden Bauelementen, auf einem als mikrooptische Bank dienenden Substrat positioniert.

Die nachfolgenden Abschnitte beschreiben weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung. Fig. 3 zeigt einen Halbleiterlaser SCL3 und ein erfindungsgemäßes Koppelement CE3, welches das vom Halbleiterlaser SCL3 emittierte Licht in eine Glasfaser Fib3 eingekoppelt. Die Glasfaser Fib3 ist in einer V-förmigen Nut G3 geführt. Bei der Verwendung eines Silizium-Substrats kann eine derartige Nut z. B. durch anisotropes naßchemisches Ätzen erzeugt werden. In der Nut G3 wird die Glasfaser Fib3 passiv justiert und eingeklebt. Durch Sägen kann zusätzlich ein Graben SAW3 erzeugt werden, falls die Glasfaser Fib3 dicht an das Koppelement CE3 herangeführt werden soll. Das Koppelement CE3 hat hier zylindrische Form.

Eine besonders vorteilhafte Ausführung der Erfindung zeigt Fig. 4. Eine Anordnung paralleler optischer Wellenleiter WGA ist über ein erfindungsgemäßes Koppelement CEA an ein Laserarray SCLA angekoppelt. Man kann sich das Koppelement CEA als aus mehreren gleichen Teilelementen zusammengesetzt vorstellen. Jedes der Teilelemente hat die gleiche Form wie das Koppelement CE1 in Fig. 1. Im Gegensatz zu Kugellinsen können diese Teilelemente sehr dicht nebeneinander angeordnet werden. Der Grund dafür geht aus Fig. 5a und 5b hervor. Abgebildet ist dort der Strahlengang in einer Kugellinse BL5 bzw. in einem erfindungsgemäßen Teilelement CE5 in einer zum Substrat parallelen Ebene. Bei der Kugellinse gelangt kein Licht in die äußeren Randbereiche, die in Fig. 5a durch Punkte gekennzeichnet sind. Diese Randbereiche stellen damit ein ungenutztes, d. h. nicht der Fokussierung dienendes, Volumen dar. Die erfindungsgemäßen Teilelemente hingegen lassen sich so gestalten, daß ein solches ungenutztes Volumen nicht entsteht. Dadurch wird eine wesentlich bessere Raumausnutzung erzielt, was vor allem bei hochintegrierten mikrooptischen Bauelementen von Vorteil ist.

Aus den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen geht hervor, wie vielfältig das erfindungsgemäße Koppelement einsetzbar ist. Dies hängt u. a. damit zusammen, daß durch die freie Wahl bei der Gestaltung der seitlichen Begrenzungsflächen eine beinahe beliebige

Strahlformung in lateraler Richtung möglich ist. In Fig. 6a bis 6c sind weitere Möglichkeiten skizziert, wie die Begrenzungsflächen gestaltet werden können. Dargestellt ist jeweils ein zur Substratebene paralleler Schnitt durch die Koppelemente. Ein Koppelement nach Fig. 6c ist z. B. geeignet, das von einer Quelle S6 emittierte Licht zu kollimieren. Eine derartiges kollimierendes Koppelement ist besonders vorteilhaft einsetzbar bei der Freiraumausbreitung von Lichtstrahlen. In diesem Fall wird der von einer lichtleitenden Struktur emittierte Lichtstrahl nicht unmittelbar in eine andere lichtleitende Struktur eingekoppelt, sondern breitet sich zunächst in der Luft aus, ohne sich dabei wesentlich aufzuweiten. Dieser Freiraum-Strahl kann dann z. B. über Mikro-Spiegel aufgeteilt und mehreren lichtleitenden Strukturen oder Photodioden zugeleitet werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Kopplung von mindestens zwei lichtleitenden Strukturen (SCL1 und WG1 in Fig. 1), bestehend aus einem Abbildungselement (CE1), welches sich auf einem Substrat befindet und dessen Brechungsindex sich in vertikaler, d. h. in der zur Substratebene senkrechten, Richtung so verändert, daß ein durch das Abbildungselement hindurchtretender Lichtstrahl in dieser vertikalen Richtung fokussiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Substratebene senkrechten Begrenzungsflächen des Abbildungselements so geformt sind, daß ein durch das Abbildungselement hindurchtretender Lichtstrahl auch in lateraler Richtung, d. h. parallel zur Substratebene und senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des Lichtstrahls, fokussiert wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der lichtleitenden Strukturen auf dem Substrat abgeschieden ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Substrat Vertiefungen (G3 in Fig. 3) oder Führungen herausgeätzt sind, die die Lage der lichtleitenden Strukturen auf dem Substrat fixieren.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der lichtleitenden Strukturen ein Halbleiterlaser ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der lichtleitenden Strukturen ein integriert-optischer Streifenwellenleiter ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Abbildungselement (CEA in Fig. 5) ein Laserarray (SCLA) mit einer entsprechenden Anzahl diesem Laserarray gegenüberliegender Lichtwellenleiter (WGA) koppelt.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Abbildungselement (CE3 in Fig. 3) zylindrische Form hat.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Abbildungselement (CE1 in Fig. 1) eine konvex und eine konkav gekrümmte seitliche Begrenzungsfläche hat.
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Abbildungselement aus Oxiden, Nitriden oder

Oxinitriden von Silizium, Germanium, Titan oder Aluminium besteht.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Abbildungselement auf dem Substrat abge- 5
schieden ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

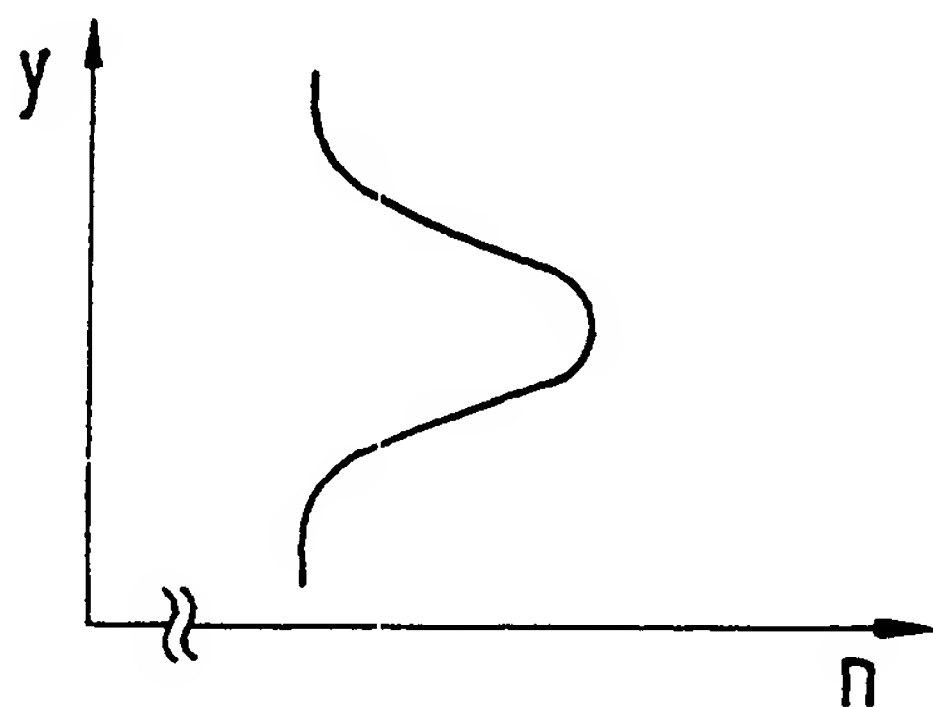
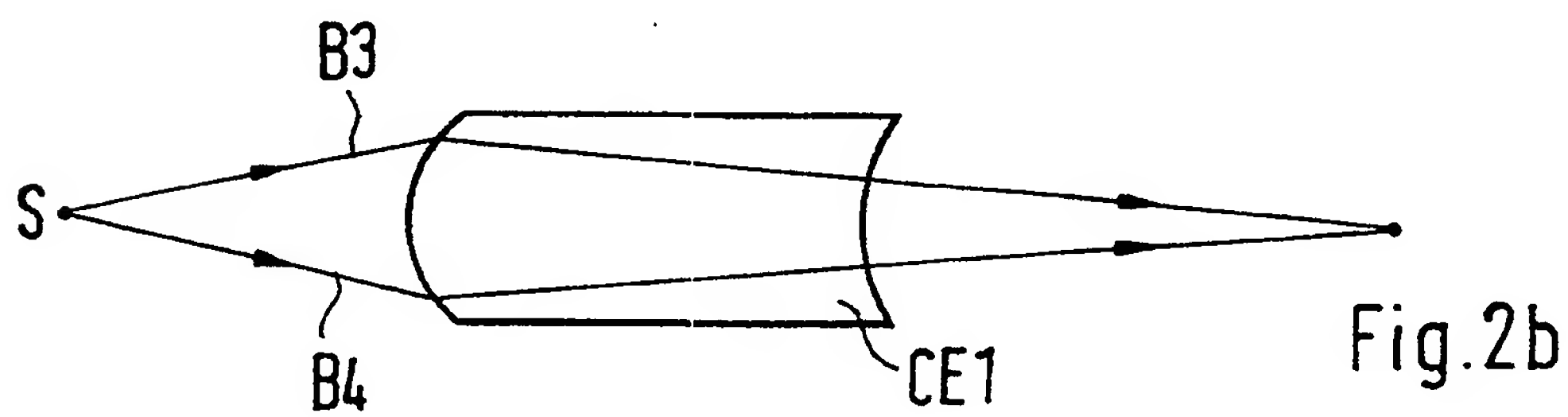
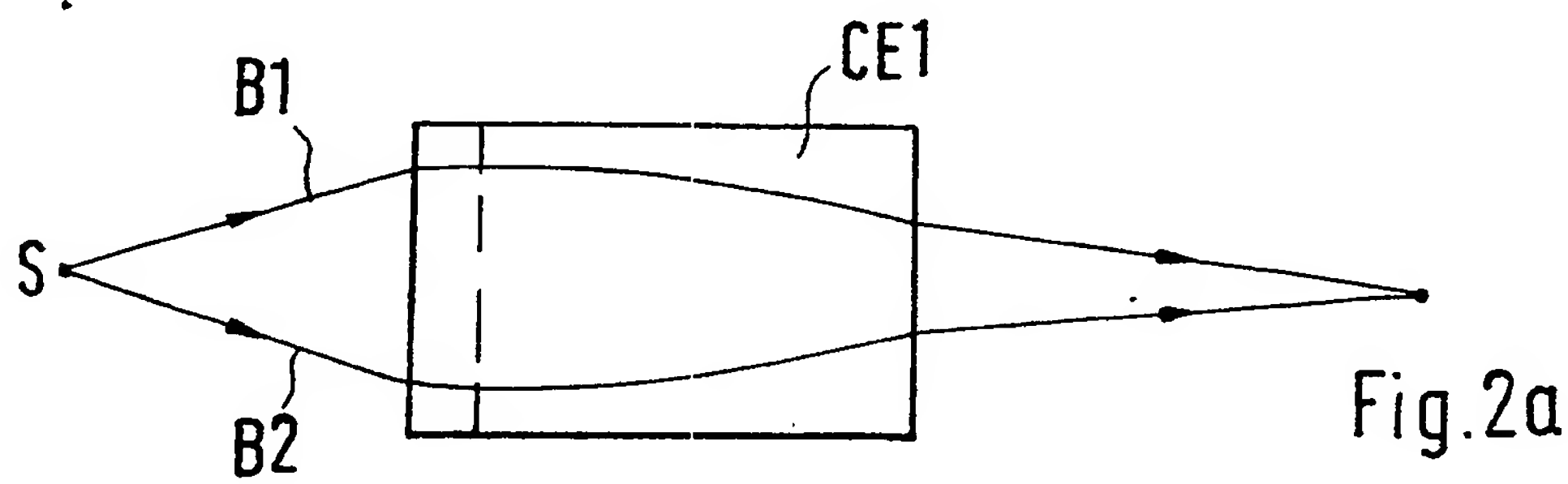
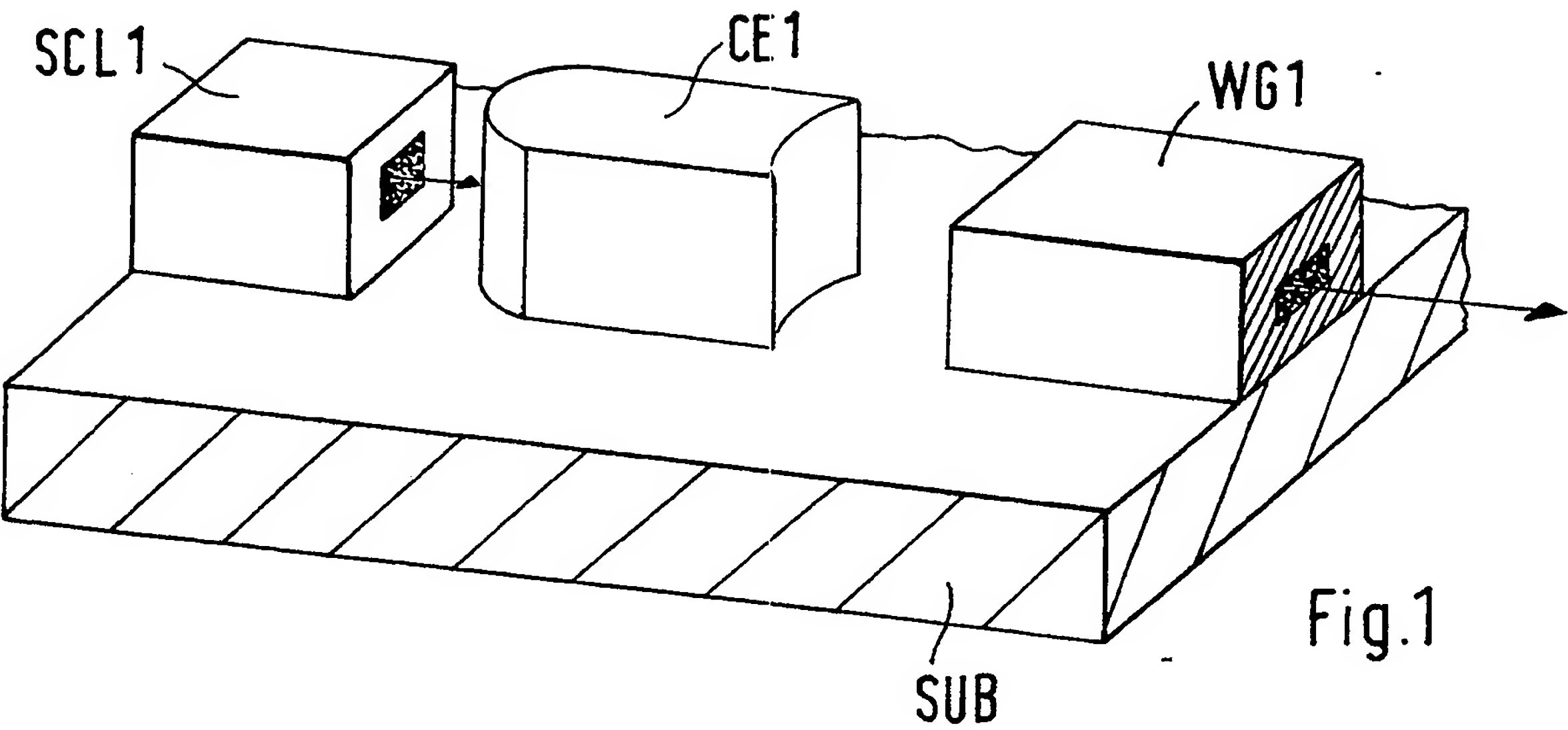
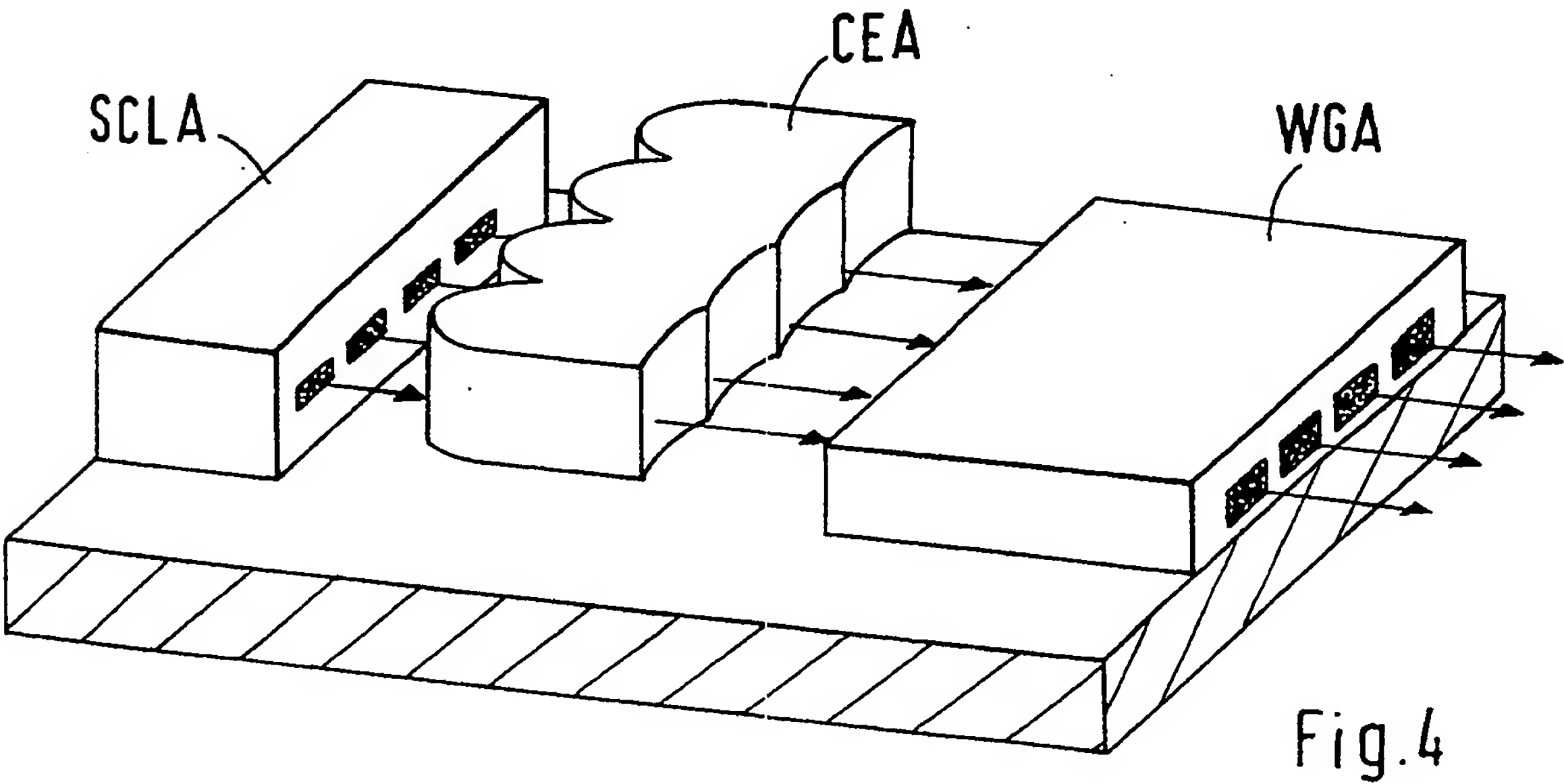
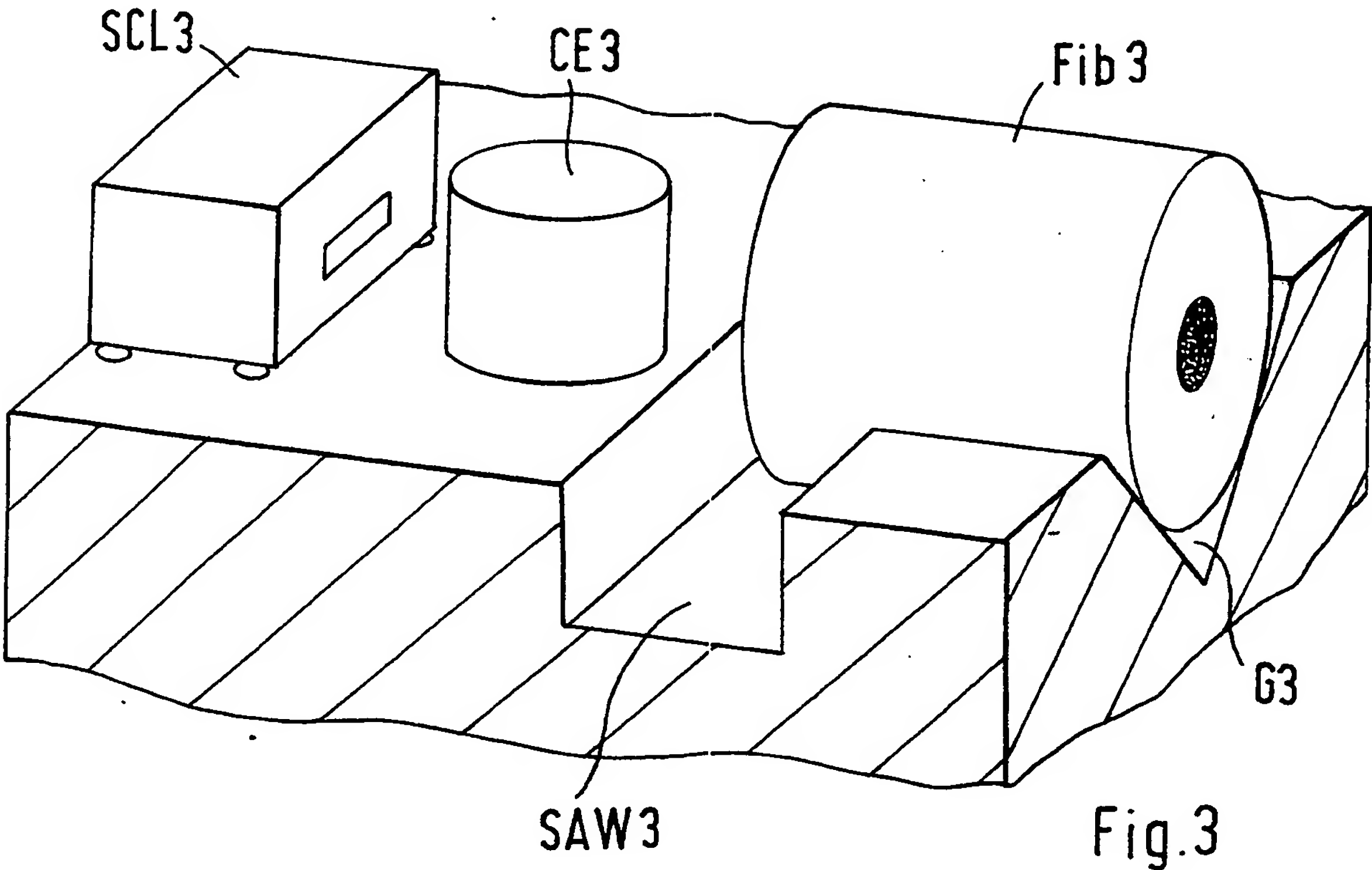
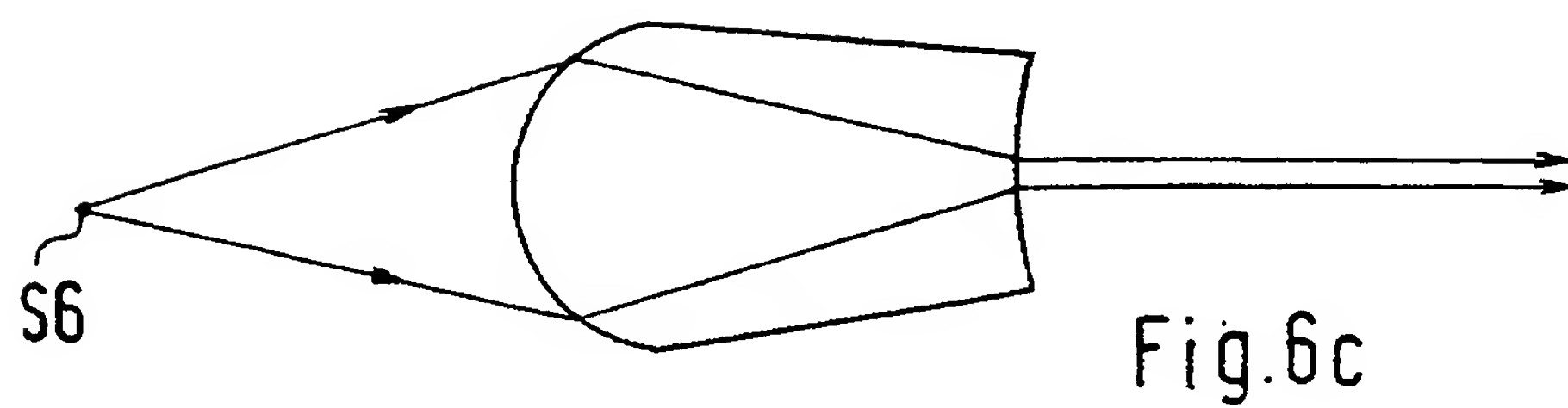
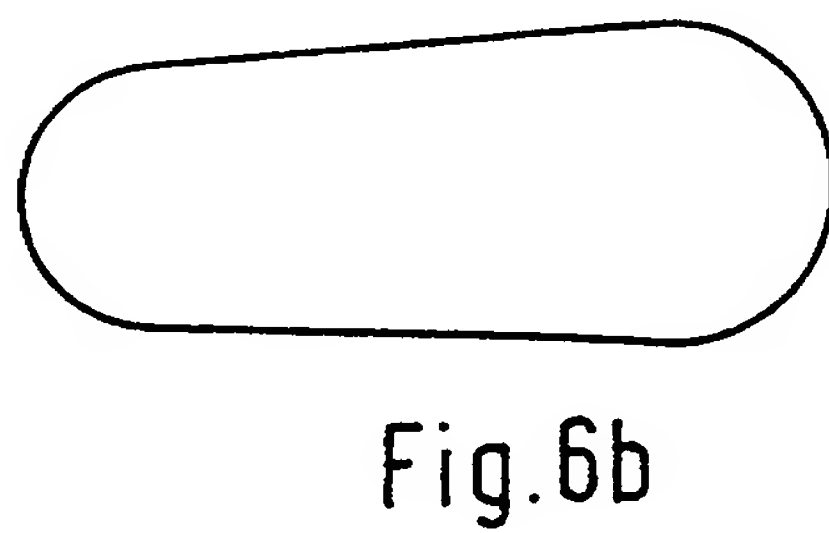
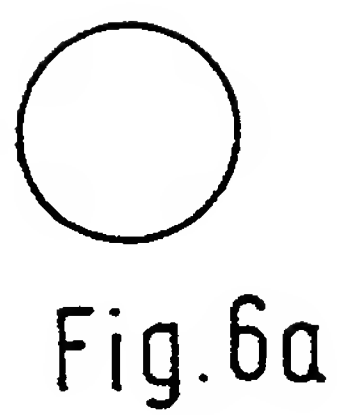
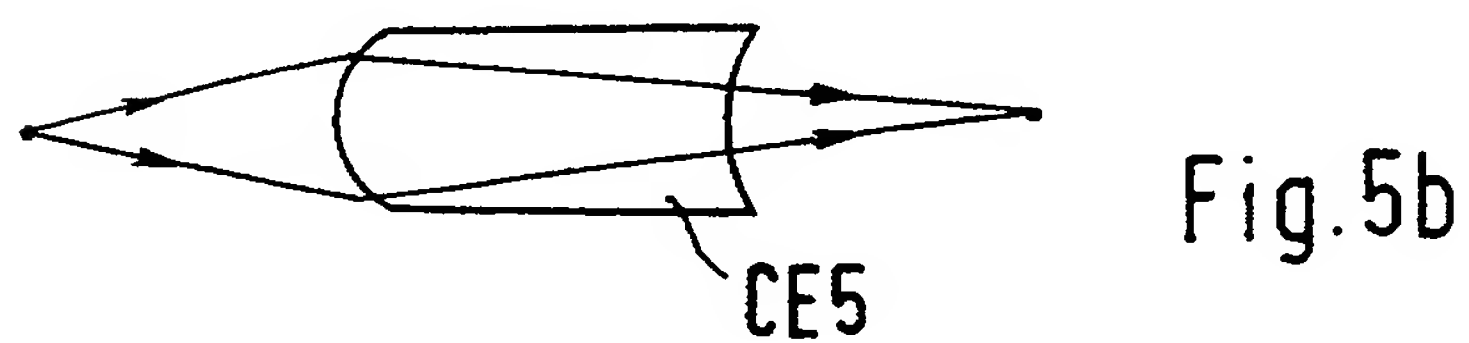
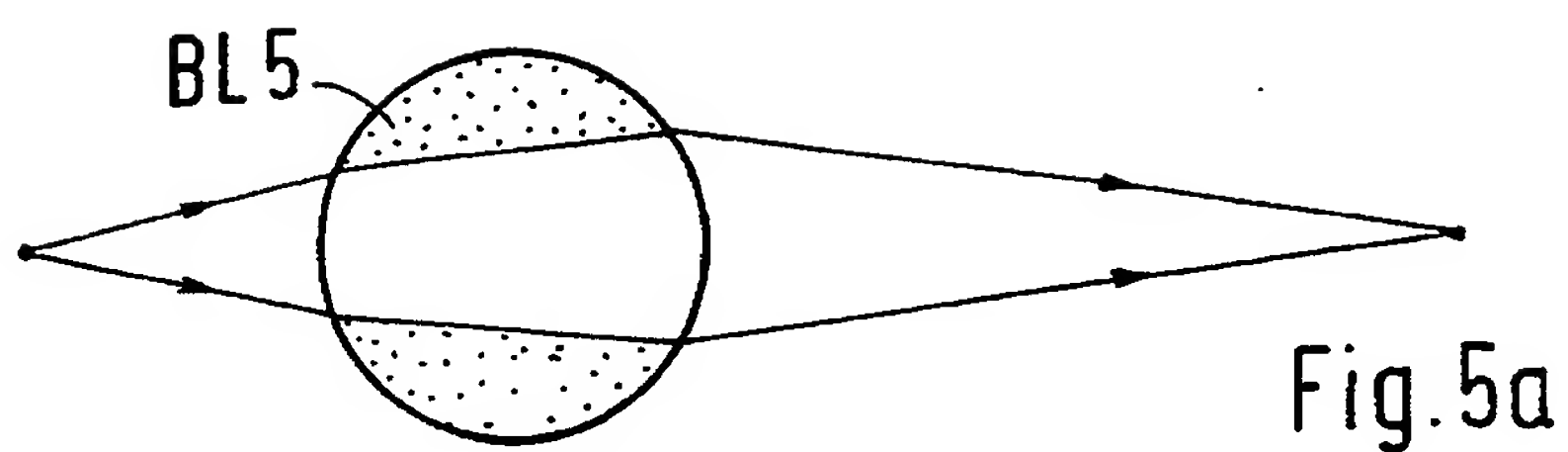


Fig. 2c





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)